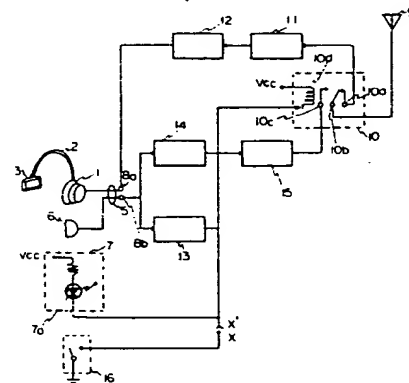


(54) HEAD-SET

(11) 61-212124 (A) (43) 20.9.1986 (19) JP
 (21) Appl. No. 60-52050 (22) 15.3.1985
 (71) YAESU MUSEN CO LTD (72) KOJI AKIYAMA
 (51) Int. Cl. H04B1/44

PURPOSE: To monitor a transmitting state by a microphone part being in a field of view by incorporating in a head-set, a light emitting part for emitting a light in accordance with an operation of a switching means for switching an antenna circuit from a receiving circuit to a transmitting circuit.

CONSTITUTION: A connecting code 5 is connected to input/output terminals 8a, 8b of a radio communication equipment. Usually a radio wave which is inputted from an antenna 9 is detected and amplified by a receiving circuit 11 and an AF amplifier 12 through a normally closing contact 10a of an antenna switching device 10, and outputted as a sound signal from a receiver 1. The sound signal is inputted to a microphone 6, and a VOX 13 operates and becomes active. As a result, a relay coil 10d of the antenna switching device 10 operates, and the sound signal is transmitted from the antenna 9 through a microphone amplifier 14 and a transmitting circuit 5. At the same time, in accordance with the active VOX 13, a light emitting diode 7a of a light emitting circuit 7 emits light.

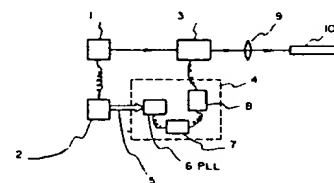
**(54) METHOD AND DEVICE FOR TRANSMITTING OPTICAL PULSE**

(11) 61-212125 (A) (43) 20.9.1986 (19) JP
 (21) Appl. No. 60-51972 (22) 15.3.1985
 (71) NEC CORP (72) KAZUTO TAJIMA
 (51) Int. Cl. H04B9/00, G02B6/00

PURPOSE: To extend a transmission distance and to make a transmission speed high by transmitting a pulse train consisting of an optical pulse having a pulse width of specified length and a linear chirp of specified size, in an optical communication system.

CONSTITUTION: In an optical communication system using a single mode optical fiber whose group velocity dispersion and length are D [(ps/nm·km)] and l [m], respectively, a pulse width of each optical pulse in an encoded optical pulse train to be transmitted is set to $5.4 \times 10 \lambda (|D|l)^{1/2}$ [second, mesial magnitude full width], and also a linear chirp of an extent shown in an expression is given to this optical pulse. A semiconductor laser 1 is driven by a semiconductor laser driving circuit 2, and an encoded optical pulse train is generated. A pulse width of these optical pulses is 100ps (mesial magnitude full width), and the bit rate is 5Gb/s. Also, these optical pulses have no chirp. This optical pulse train is made incident on an angle converter 3.

$$\frac{8 \times 10^{13}}{1^2 D \lambda} \sim \frac{1 \times 10^{14}}{1^2 D \lambda} \quad (H \neq /)$$



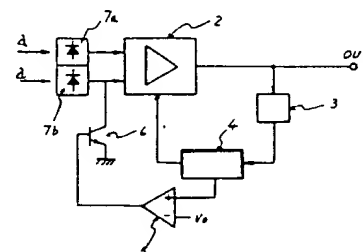
4: angle converter driving circuit, 5: synchronizing signal, 7: waveform shaping circuit, 8: voltage amplifier, 9: lens, 10: optical fiber

(54) LIGHT RECEIVING CIRCUIT

(11) 61-212126 (A) (43) 20.9.1986 (19) JP
 (21) Appl. No. 60-51871 (22) 15.3.1985
 (71) FUJITSU LTD (72) ISAMU KUWANA(2)
 (51) Int. Cl. H04B9/00, H03F3/08

PURPOSE: To expand a receiving dynamic range by usually receiving a receiving light by using two APDs, adding output signals of both the APDs and inputting them to an AGC amplifying circuit, and eliminating one of both the APD and inputting only the other output signal to the AGC amplifying circuit, when the receiving light exceeds some standard.

CONSTITUTION: In case the level of a receiving light is usual, both of two APDs 7a, 7b receive the receiving light, add electric signals being the respective outputs and apply them to inputs of an AGC amplifying circuit 2. When the level of the receiving light goes to high, and as a result, the level of an output DC signal of a P-P detecting circuit 3, namely, the control voltage of an AGC amplifying circuit 4 exceeds some reference value V_0 , a comparing circuit 5 operates and turns a transistor 6 to an on-state. Therefore, in the APD 7a and the APD 7b which are operated, the electric signal of an output of the APD 7b is short-circuited so that it does not go into an input of the AGC amplifying circuit 2. As a result, an input level decreases (about 6db), and the upper limit of the control limit is expanded in proportion to said decrease.



⑫ 公開特許公報 (A)

昭61-212125

⑮ Int. Cl.

H 04 B 9/00
G 02 B 6/00

識別記号

庁内整理番号

B-6538-5K
N-7370-2H

⑭ 公開 昭和61年(1986)9月20日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

① 発明の名称 光パルス送信方法および装置

② 特 願 昭60-51972

③ 出 願 昭60(1985)3月15日

⑦ 発 明 者 田 島 一 人

⑧ 出 願 人 日本電気株式会社

⑨ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

東京都港区芝5丁目33番1号

明 細 書

発明の名称

光パルス送信方法および装置

特許請求の範囲

1. 群速度分散が $D [(ps/nm \cdot km)]$ で長さが $L [m]$ の単一モード光ファイバを用いる光通信システムにおいて、

$$5.4 \times 10^{-14} \sqrt{|D|L} \quad (\text{秒, 半値全幅})$$

のパルス幅を有し、かつ、

$$\frac{8 \times 10^{13}}{1^2 D L} \sim \frac{1 \times 10^{14}}{1^2 D L} \quad (Hz/秒)$$

の線形チャープを有する光パルスから成る光パルス列を送信することを特徴とする光パルス送信方法。

2. 光源と、この光源から光パルス列を取り出す手段と、光パルス列の各光パルスを変調する角度変調器と、時間の2乗に比例した駆動電位を前記

光パルス列に同期して前記角度変調器に印加する角度変調器駆動回路とを少なくとも備えていることを特徴とする光パルス送信装置。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、光ファイバ伝送システムに通した光パルスの送信方法およびその装置に関する。

(従来技術とその問題点)

長距離高速伝送システムに通した光ファイバはその伝送光の波長において非常に光損失が少ないこととともに、同波長において群速度分散が少ないことが望ましい。しかし長距離光伝送に通したシリカ系光ファイバは1.5ミクロン帯において0.2 dB/km 以下という非常に優れた低損失特性を持つものの、そのゼロ分散波長は1.3ミクロン帯にある(例えば末松、プロシーディングスオブ アイイー、第71巻、6号、692ページ、1983)。

従来は半導体レーザを直接変調して光パルスを得ていた。しかし、半導体レーザは光通信用光源

として非常に優れるが、高速変調下ではその出力光の光波長が複雑に変化（複雑チャープ）する。すなわち従来の光パルスは複雑なチャープパルス（線形チャープではない）になっていた。この複雑なチャープをもつ光パルスは前記光ファイバの分散の影響を強く受け、光ファイバ伝送に伴いそのパルス幅が急激に広がる。このため速送可能な通信速度は著しく制限される。またこの複雑なチャープをさけるために、半導体レーザを連続発振させ、外部変調器を用いてチャープの無い符号化された光パルス列を得ることも行なわれていた。しかし、チャープのない光パルスを用いても、そのパルス幅が狭くなると前記分散によりパルス幅広がりが生じ、従って達成可能なビットレートが制限されるという問題がある。

（発明の目的）

本発明の目的は、分散を有する光伝送路を用いる光伝送システムの伝送距離の長大化及び／もしくは伝送距離の長大化及び／もしくは伝送速度（ビットレート）の高速化を可能にする方法を提供す

ることにある。また本発明の他の目的は分散を有する光伝送路を用いる光伝送システムの伝送距離の長大化及び／もしくは伝送速度の高速化を可能にする光パルス送信装置を提供することである。

（問題点を解決するための手段）

本発明は、送信される符号化された光パルス列の中の各々の光パルスのパルス幅を $5.4 \times 10^{-12} \sqrt{|D|} \ell$ [秒、半値全幅] とし、かつ、この光パルスに $\frac{8 \times 10^{13}}{\lambda^2 D \ell} - \frac{1 \times 10^{14}}{\lambda^2 D \ell}$ (Hz/秒) 程度の線形チャープを与えることにより、伝送距離の長大化及び／もしくは伝送速度（ビットレート）の高速化を図っている。

但し D は光ファイバの群速度分散 ($\text{ps}^2/(\text{nm} \cdot \text{km})$)、 ℓ は伝送距離 (m)、 λ は光波長 (m)、である。また、このような光パルス列を得るために、本発明では送信装置を少なくとも光源と、光源から光パルス列を取り出す手段と、光パルス列の光パルスを変調する角度変調器と、時間の 2 乗に比例した駆動電圧を、光パルス列に同期して角

度変調器に印加する角度変調器駆動回路とから構成した。

ここで、光パルス列を取り出す手段としては、光源をパルス的に駆動する駆動回路から成るもの、あるいは、光源の駆動回路と、光源から出力された連続光を強度変調する変調器と、この変調器を駆動する駆動回路とから成るもの等、種々の構成があるが、いずれを用いてもよい。

（作用）

光パルスの単一モード光ファイバ伝搬特性は一般化された非線形シュレジンガ方程式

$$i \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \Gamma z \right) \pm \frac{1}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + |u|^2 u = 0 \quad (1)$$

により、よく記述される（例えば、中塚他、フィジカル レビュー レターズ誌、第 47 巻、13号、910 ページ、1981 年）。ここで光パルスの複素電界振幅、 $E(z', t')$ 、として

$$E(z', t') = \frac{1}{2} e(z', t') \exp[i(\omega_0 t' - k_0 z')] + \text{複素共役項} \quad (2)$$

で表わされる平面波が仮定されている。 z' は光パルスの進行方向の座標で、 t' は時間、 ω_0 は光の角周波数として k_0 は光の単一モードファイバ中の伝搬定数である。また式(2)と規格化された式(1)との間は

$$t = \frac{1}{\tau} (t' - k_0 z') \quad (3a)$$

$$z = \frac{|k_0|}{\tau^2} z' \quad (3b)$$

$$u = \tau \left(\frac{n_0 k_0}{2 n_0 |k_0|} \right)^{1/2} e \quad (4a)$$

$$\Gamma = \frac{\Gamma \tau^2}{|k_0|} \quad (4b)$$

の変換により関係づけられている。ここで t' 及び z' は時間と距離、 k_0 は群速度、 k_0 は群速度分散、 n_0 は非線形屈折率、 Γ は光損失係数である。

式(1)の第 4 項は非線形屈折率の影響を表わすがこの項は光損失が 0.2 dB/km の長距離高速光伝送システムに適したシリカ系ファイバの場合、ファイバ入力光パワーが数 mW 以下では無視できる田

島、鷲尾、昭60レーザー学会講演予稿集)、本発明は筆者が新たに導出した解析解に基づくが、この解は上記のように非線形屈折率が無視できる時に成立する。この解は

$$u(z, t) = a(z) \exp \left[-i \gamma z - \frac{t^2}{W(z)} + i \phi(z, t) \right] \quad (5a)$$

但し

$$\phi(z, t) = \pm C(z)t^2 + b(z) \quad (5b)$$

と表わされる。この解は線形にチャープしたガウス形パルスは伝送距離にかかわらず、常に線形にチャープしたガウス形パルスであることを示している。さらにそのガウス形パルスの伝搬特性は $a(z)$ 、 $W(z)$ 、 $C(z)$ 及び $b(z)$ の4つのパラメータの z 依存性により完全に記述される。このうち重要なのは、パルス幅を表わす $W(z)$ とチャープの強度を表わす $C(z)$ であり、これらは

$$W^2(z) = c_1 (z + c_0)^2 + 4/c_1 \quad (6a)$$

$$C(z) = \pm \frac{z + c_0}{(z + c_0)^2 + 4/c_1} \quad (6b)$$

従って、もし送信端と受信端で光パルスの幅が同じになるように、光ファイバに入射される光パルスに負の線形のチャープを与えれば、パルス間の相互干渉に起因する問題を避けることができ、故に伝送距離を最大にできることが分る。

この時の伝送限界は式(6)より

$$W_{\min}, \ell_c = \sqrt{2L} \quad (8)$$

と求まる。この時、ファイバに入射される光パルスに与えるチャープの強度は式(6b)より

$$C = \mp \frac{1}{L} \quad (9)$$

と求まる。式(8)と(7)を比較すると、式(9)で与えられる線形のチャープをファイバに入射される光パルスに与えることにより、ビットレートが同じならば(パルス幅が同じならば)伝送距離を2倍にできることが分る(もし伝送距離が同じならばビットレートが $\sqrt{2}$ 倍)。

式(9)で与えられるチャープ強度は伝送距離と伝送速度の積を最大にする最適値であるが、式(7)で

と表わされる。但し c_1 と c_0 は任意の積分定数である。長距離高速光伝送システムにおける光パルスの形はガウス形でよく近似されるので、式(5)と(6)で与えられる解は光パルスの単一モードファイバ伝搬特性の一般解とみなしてよい。

この解より、本発明の光通信用光パルス送信方法を説明するたうに、まずチャープのない光パルスを光伝送路に入射させた場合の伝送限界を求める。

この場合に送信可能な最小パルス幅は式(6)より

$$W_{\min} = 2\sqrt{L} \quad (7)$$

となる。一方、式(6)から伝送距離が無限に長い場合、パルス幅は $z = -\infty$ から $-c_0$ まで単調に狭まり、 $z = -c_0$ から ∞ にかけて単調に広がることが分る。また式(6b)から、 $z = -\infty$ から $-c_0$ までパルスは負の線形チャープを有し、 $z = -c_0$ から ∞ の間は正の線形のチャープを有することが分る。但し、光伝送路が負の分散を持つと仮定した(式(6b)で上の符号が適用する)。

えられるチャープのない光パルスのパルス幅より狭いパルス幅及び/もしくは長い伝送距離を可能にするチャープ強度にはある幅があり、それは式(8)より

$$-0.26/L \geq C \geq -3.56/L \quad (10)$$

と求まる。但し式(10)は負の群速度分散の場合で、正の分散の場合は符号及び不等号が逆である。式(10)の与える範囲を(無次元化された規格化座標より)実際の値で表わすと、式(3)及び $k_1 = 1/D / (2\pi \times (3 \times 10^8)^2)$ の関係により

$$\frac{8 \times 10^{18}}{\lambda^2 D \ell'} \sim \frac{1 \times 10^{18}}{\lambda^2 D \ell'} \quad (\text{Hz/秒}) \quad (11)$$

となる。ここで λ は光波長[m]、 ℓ' は伝送距離[m]、そして D はファイバの群速度分散 [$\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$] である。但し、伝送距離を増大させる時における上記の ℓ' は増大後の値であり、その時のファイバ入力端及び ℓ' 伝搬後の光パルス幅はチャープのない光パルスのパルス幅と同じで $5.4 \times 10^{-8} \sqrt{1/D \ell'}$ (秒、半値全幅)程度であ

る。また伝送距離が一定の場合における伝送後の光パルス幅は、チャープ強度が

$$\frac{3 \times 10^{-14}}{1^2 D \delta} \text{ (Hz/秒)} \text{ の時最小で } 3.84 \times 10^{-14}$$

$\sqrt{1 D \delta}$ (秒) 程度である。この時のファイバに入力させるパルス幅は上記の最小パルス幅と同じで、最適チャープ以外のチャープを与えると伝送後のパルス幅は入力パルス幅より広がる。

さて以上で説明したように、光ファイバに入射する光パルスに式(1)で与えられる線形のチャープを与えることにより、光伝送システムの伝送距離の増大及び／もしくは伝送速度の向上が可能である。

(実施例)

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

図1は本発明の実施例の構成を示すブロック図、

図2は図1の実施例の各部における波形を示した図である。

図1において、半導体レーザ1は半導体レーザ駆

動回路2により駆動され、図2(a)に示されているような符号化された光パルス列を発生する。これらの光パルスのパルス幅は100ps(半値全幅)でビットレートでいえば5Gb/sである。またこれらの光パルスはチャープをもたない。この光パルス列は角度変調器3に入射される。

この角度変調器3はポッケルスセルで、角度変調器駆動回路4により駆動される。角度変調器3は半導体レーザ1の発する光パルス列中の各々の光パルスに同じような角度変調を加えなければならぬ。このため、角度変調駆動回路はその内部にフェイズロックループ(PLL)6を持ち、さらにPLL6は半導体レーザ駆動回路2から同期信号5を受けることにより半導体レーザの発する光パルス列と同期して発振している。また角度変調器3は角度変調器駆動回路4により印加される瞬時電圧に比例した位相変化を前記光パルス列に与える。従って、前記光パルス列に線形のチャープを与えるためには、その駆動電圧を時間の2乗に比例して変化させる必要がある。このため前記

角度変調器駆動回路4は内部に波形整形回路7を有し、前記PLLの出力を図2(a)に示すような波形に変換する。図3は前記の波形整形回路7の構成を示すブロック図、図4は図3の④、⑤及び⑥点における電圧波形を示す。図3中、入力端子31すなわち④点における入力電圧波形は図4(a)に示されているが、これは図1中のPLL6の出力波形であり、従って前記光パルス列と時間的に同期している。図3に示すようにこの電圧波形を電圧-電流交換器32により電流波形に変換する。また図3中のスイッチ33は図4(a)に示されている時間区間T₁の間は閉じていてT₂の間はひらく。

したがって図3のコンデンサ34は期間T₁の間は電圧-電流交換回路32により定電流で充電され、その結果⑤点の電圧は図4(b)に示される如く時間に比例して増加する。期間T₂の間は前述の如く図3中のスイッチ33が開き、T₂の間に充電されたコンデンサ34は期間T₂の間にスイッチ33を通して放電する。この結果、図3の⑥点における電圧波形は図4(c)に示されるようになる。これを

積分器35により積分すると⑥点では図4(d)に示される電圧波形が得られる。これをインバータ36に入力させると、出力端37よりその出力として図2(e)に示される波形が得られる。これは前記の如く、図1の波形整形回路7の出力であるが、これを電圧増幅器8に入力させる。電圧増幅器8の出力は、角度変調器3が光パルスに適當な強度のチャープを与えるように調節される。つまり前項作用の部分において述べた最適チャープ量は

$$\frac{3 \times 10^{-14}}{1^2 D \delta} \text{ (Hz/秒)} \text{ であるが、これを実現するた}$$

めの角度変調器出力電圧は次のようになる。この実施例では、前記半導体レーザ1の発振波長は $\lambda = 1.55 \mu m$ で、超低損失な光ファイバ10はこの波長において損失が最小であり、また群速度分散は $D = -15 \text{ ps/(nm} \cdot \text{km)}$ である。従って200Km($l = 200 \times 10^3 \text{ m}$)伝送における最適チャープ量は $-4 \times 10^{-19} \text{ (Hz/秒)}$ 程度である。これは図2(c)に示すようにパルス幅(100ps)に相当する時間内に光周波数が4GHz減小すること

相当する。またこれは前記パルス幅の間に位相が約2.4ラジアン変化することに対応する。前記角度変調器3の半波長電圧(光の位相を π 変化させるために必要な電圧)は5ボルトであるので、図2(a)の電圧波形(角度変調器駆動回路の出力波形)はピーク値で4ボルトである。このような光パルス列をレンズ9を通して光ファイバ10に注入すると、最初の100Kmの間は光パルスの幅は減小し続け、次の100Kmの間は逆に広がり、結果として200Km地点で入力端と同じパルス幅になる。つまり通信速度5Gb/sで200Kmの伝送が可能である。比較のために、もしチャープのない光パルスを用いて5Gb/sの伝送速度を実現する条件を計算すると、そのためには入力パルス幅を85ps程度に決める必要があり、また伝送距離も100Km程度に限られることが分る。

以上は本発明の光通信光パルス送信装置の一実施例であり、本発明はこれに限られるわけではない。本実施例においては半導体レーザを直接変調することにより、符号化された光パルス列を得

たが、これはCW発振するレーザの出力光を外部強度変調器で変調してもよい。また角度変調器駆動回路も本実施例に用いた以外のものが多数考えられる。例えば本実施例においてはPLLを用いて半導体レーザ駆動回路に角度変調器駆動回路を同期させたが、このPLL出力と同じものは半導体レーザ駆動回路の出力電圧波形のデューティ比を単一ショット・マルチパルスレーザで変え、さらに遅延回路でタイミングをとることにより得られる。また図3の波形整形回路中にある電圧-電流変換器は単なる定電流電源でもよい。また本実施例ではチャープのない半導体レーザを用いたがチャープのある半導体レーザを用い、そのチャープを角度変調器で所望の波形チャープに変換するよう角度変調器駆動回路を改造してもよい。

(発明の効果)

本発明により、光伝送路の分散特性が伝送限界を決定するような光伝送システムの伝送距離の長大化及び/もしくは伝送速度(ビットレート)の高速化が可能である。

図面の簡単な説明

図1は本発明の光送信装置の一実施例を示すブロック図で、図2(a)、(b)、(c)はこの実施例の各部における光強度、電圧、及び光周波数の波形を示す。

図1において、1は半導体レーザ、2は半導体レーザ駆動回路、3は角度変調器、4は角度変調器駆動回路、5は同期信号、9はレンズ、10は光ファイバである。また4の角度変調器駆動回路は6のPLL(フェイズロックループ)、7の波形整形回路、及び8の電圧増幅器からなる。

図2において、(a)は半導体レーザ1の出力する光パルス列の光強度波形、(b)は角度変調器3を駆動する電圧波形、そして(c)は角度変調器3の出力光の周波数波形を示す。

図3は、図1の波形整形回路7の構成を示すブロック図。

図4は図3の(a)、(b)及び(c)点における電圧波形を示す。

図3において、31は入力端子、32は電圧-電流

変換器、33はスイッチ、34はコンデンサ、35は積分器、36はインバータ、そして37は出力端子を示す。

代理人 弁護士 内原 晋

図 1

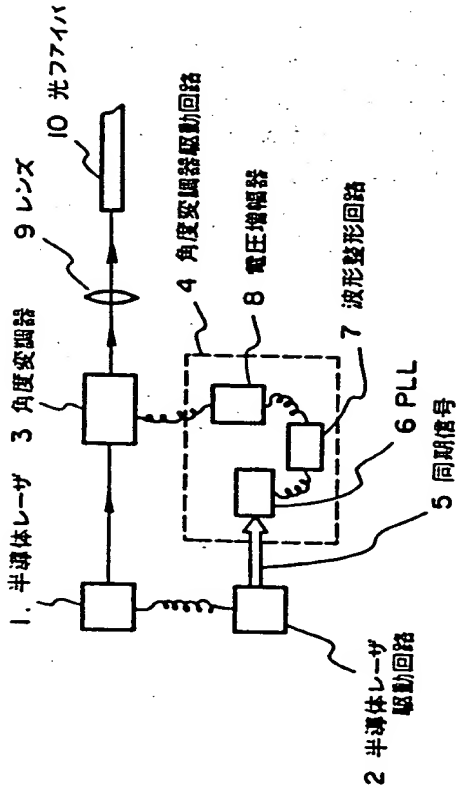


図 2

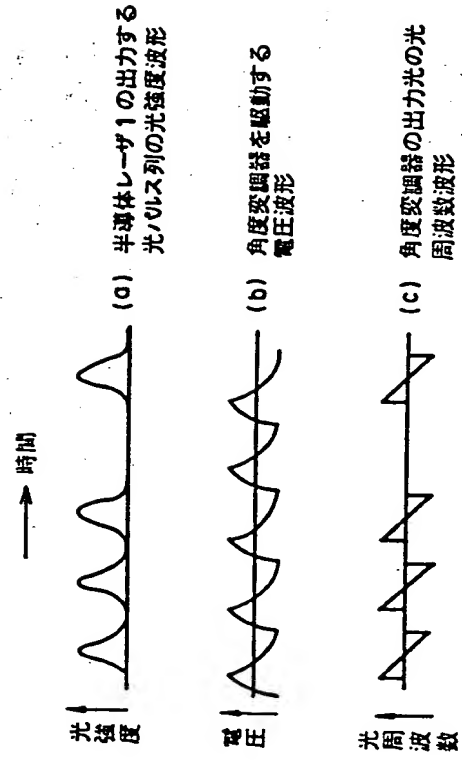


図 3

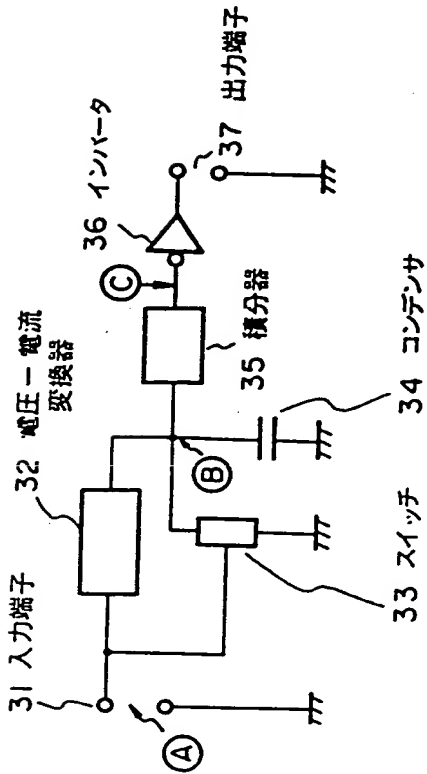
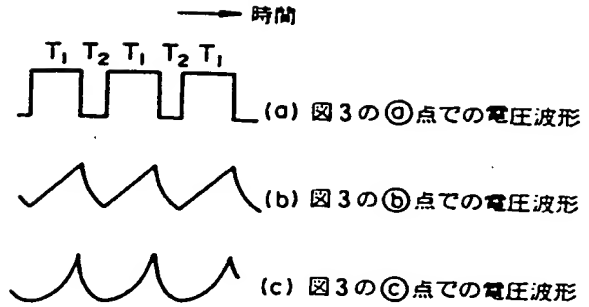


図 4



手続補正書(自発)

60.5.16

昭和 年 月 日

特許庁長官 殿



1. 事件の表示 昭和60年 特許願第51972号

2. 発明の名称 光パルス送信方法および装置

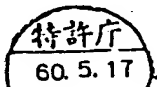
3. 補正をする者

事件との関係

出願人

東京都港区芝五丁目33番1号
(423) 日本電気株式会社
代表者 関本忠弘

4. 代理人

〒108 東京都港区芝五丁目37番8号 住友三田ビル
日本電気株式会社内
(6591) 弁理士 内原
電話 東京 (03) 456-3111(大代表)
(連絡先 日本電気株式会社 特許部)

(別紙)

特許請求の範囲

1. 群速度分散が $D[(ps/nm \cdot km)]$ で長さが $l[m]$ の単一モード光ファイバを用いる光通信システムにおいて、

$$5.4 \times 10^{-8} \sqrt{Dl} \quad (\text{秒, 半値全幅})$$

のパルス幅を有し、かつ、

$$\frac{8 \times 10^{13}}{\lambda^2 D l} \sim \frac{1 \times 10^{15}}{\lambda^2 D l} \quad (\text{Hz/秒})$$

の線形チャープを有する光パルスから成る光パルス列を送信することを特徴とする光パルス送信方法。

2. 光源と、この光源から光パルス列を取り出す手段と、光パルス列の各光パルスを変調する角度変調器と、時間の2乗に比例した駆動電位を前記光パルス列に同期して前記角度変調器に印加する角度変調器駆動回路とを少なくとも備えていることを特徴とする光パルス送信装置。

5. 補正の対象

明細書の特許請求の範囲の欄及び発明の詳細な説明の欄

6. 補正の内容

- (1) 明細書の特許請求の範囲を別紙の如く補正する。
- (2) 明細書第4頁7行目に「 $5.4 \times 10^{-8} \sqrt{Dl}$ 」とあるのを「 $5.4 \times 10^{-8} \sqrt{Dl}$ 」と補正する。
- (3) 明細書の第4頁9行目に

$$\left[\frac{8 \times 10^{13}}{\lambda^2 D l} \sim \frac{1 \times 10^{15}}{\lambda^2 D l} \right]$$

とあるのを

$$\left[\frac{8 \times 10^{13}}{\lambda^2 D l} \sim \frac{1 \times 10^{15}}{\lambda^2 D l} \right]$$

と補正する。

代理人 弁理士 内原

